**Annexe**
**Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de SVT**
**Classe terminale de la série scientifique**

## ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUE

## Préambule

### I - Les sciences de la vie et de la Terre au lycée

#### 1. Les sciences de la vie et de la Terre dans le parcours de l'élève en lycée

**Les objectifs de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre**
Au lycée, les sciences de la vie et de la Terre sont une voie de motivation et de réussite pour la poursuite de la formation scientifique après le collège et la préparation à l'enseignement supérieur ; elles participent également à l'éducation en matière de santé, sécurité, environnement, de tout élève qui choisira une orientation vers des filières non scientifiques. La discipline vise trois objectifs essentiels :
- **aider à la construction d'une culture scientifique commune** fondée sur des connaissances considérées comme valides tant qu'elles résistent à l'épreuve des faits (naturels ou expérimentaux) et des modes de raisonnement propres aux sciences ;
- **participer à la formation de l'esprit critique et à l'éducation citoyenne** par la prise de conscience du rôle des sciences dans la compréhension du monde et le développement de qualités intellectuelles générales par la pratique de raisonnements scientifiques ;
- **préparer les futures études supérieures** de ceux qui poursuivront sur le chemin des sciences et, au-delà, les métiers auxquels il conduit ; aider par les acquis méthodologiques et techniques ceux qui s'orienteront vers d'autres voies.

**Trois thématiques structurantes**
Pour atteindre ces objectifs, les programmes s'articulent autour de trois grandes thématiques qui, dans une large mesure, ne sont pas indépendantes.
**- La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant.** Il s'agit de montrer - dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre - que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire. Au-delà de la perspective culturelle, cette ligne de réflexion prépare aux métiers les plus proches des sciences fondamentales (recherche, enseignement).
**- Enjeux planétaires contemporains.** Il s'agit de montrer comment la discipline participe à l'appréhension rigoureuse de grands problèmes auxquels l'humanité d'aujourd'hui se trouve confrontée. Au-delà de la préoccupation citoyenne qui prépare chacun à l'exercice de ses responsabilités individuelles et collectives, la perspective utilisée ici conduit aux métiers de la gestion publique, aux professions en lien avec la dynamique de développement durable et aux métiers de l'environnement (agronomie, architecture, gestion des ressources naturelles).
**- Corps humain et santé.** Centrée sur l'organisme humain, cette thématique permet à chacun de comprendre le fonctionnement de son organisme, ses capacités et ses limites. Elle prépare à l'exercice des responsabilités individuelles, familiales et sociales et constitue un tremplin vers les métiers qui se rapportent à la santé (médecine, odontologie, diététique, épidémiologie, etc.).
Ces trois thématiques ne sont en rien des catégories rigides mais bien des directions de réflexion. Elles ne se substituent pas aux découpages traditionnels de la discipline (biologie et géologie par exemple) et conduisent à la découverte progressive des grands domaines qu'elle recouvre. En particulier, les sciences de la Terre conservent une originalité qu'il convient de ne pas nier. Les thèmes généraux aident à montrer la cohérence globale du champ intellectuel concerné, centré sur un objet d'étude - la nature - et des méthodes fondées sur la confrontation entre les idées scientifiques et les faits - naturels ou expérimentaux. Elles aident aussi à situer l'enseignement dispensé dans la perspective de la construction d'un projet de vie propre à chaque élève.
Dans chaque thématique, la construction des savoirs se réalise peu à peu tout au long de la scolarité. Cette continuité est conçue pour faciliter la progressivité des apprentissages, sans pour autant empêcher la souplesse nécessaire à l'élaboration d'un parcours de formation pour chaque élève.

**Les sciences de la vie et de la Terre dans le nouveau lycée**
L'enseignement des sciences de la vie et de la Terre prend en compte les objectifs généraux de la réforme des lycées. Les bases très générales établies en classe de seconde conduisent, dans les classes de première puis de terminale, à des approfondissements, des généralisations, des approches complémentaires. En terminale S, les enseignements s'inscrivent dans une **logique scientifique encore plus marquée**.
Pour participer à une **meilleure information des élèves** sur les possibilités qui s'offrent à eux, au-delà même du lycée, le programme s'organise, comme cela a été souligné, autour de thématiques qui aident au repérage de grands secteurs d'activités professionnelles. En outre, chaque fois que cela sera possible, les professeurs saisiront les occasions offertes afin d'attirer l'attention sur des métiers plus précis, dont l'exercice professionnel présente un certain rapport avec les questions abordées en classe.
Pour participer à la **prise en compte de la diversité des élèves**, une grande marge de liberté est laissée aux professeurs,

seuls à même de déterminer les modalités pédagogiques adaptées à leurs élèves. En outre, il est toujours possible de diversifier les activités à l'intérieur d'une même classe pour traiter un même point du programme.

2. Les conditions d'exercice de la liberté pédagogique du professeur

Le programme est conçu pour laisser une **très large place à la liberté pédagogique** du professeur et/ou de l'équipe disciplinaire. Cette liberté porte sur les **modalités didactiques** mises en œuvre, sur l'**ordre** dans lequel seront étudiés les thèmes, sur les exemples choisis ainsi que, dans une mesure raisonnable, sur l'**ampleur de l'argumentation** développée dans le cadre de tel ou tel sujet. C'est pour respecter la liberté de choix d'exemples que les objectifs de formation sont définis avec un grand degré de généralité.

Néanmoins, la liberté pédagogique ne saurait émanciper des objectifs de formation rappelés ci-dessus. Pour aider à atteindre ces objectifs, quelques principes didactiques généraux sont rappelés ci-dessous, dont il convient de faire un usage adapté.

**Les compétences : une combinaison de connaissances, capacités et attitudes**

L'acquisition des connaissances reste un objectif important de l'enseignement, mais il doit être replacé dans un tout dont font aussi partie capacités et attitudes. **Connaissances, capacités et attitudes sont trois objectifs de formation de statuts également respectables.** Ceci conduit à leur porter la même attention au moment de la conception des mises en œuvre pédagogiques, y compris les évaluations. Celles-ci prendront en compte, chaque fois que possible, ces trois objectifs de formation.

Si les connaissances scientifiques à mémoriser sont raisonnables, c'est pour permettre aux enseignants de consacrer du temps pour faire comprendre ce qu'est le savoir scientifique, son mode de construction et son évolution au cours de l'histoire des sciences.

**La démarche d'investigation**

La poursuite des objectifs de formation méthodologique implique généralement que l'on mette en œuvre une pédagogie active, au cours de laquelle **l'élève participe** à l'élaboration d'un projet et à la construction de son savoir.

La démarche d'investigation, déjà pratiquée à l'école primaire et au collège, prend tout particulièrement son sens au lycée et s'appuie le plus souvent possible sur des travaux d'élèves en laboratoire. **Des activités pratiques, envisageables pour chacun des items du programme, seront mises en œuvre le plus souvent possible.** Le professeur s'assurera que les élèves utilisent des méthodes et outils différenciés sur l'ensemble de l'année. Ainsi, chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc.

L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la **mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats.** Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de mettre à l'épreuve ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée.

Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :
- une situation motivante suscitant la curiosité ;
- la formulation d'une problématique précise ;
- l'énoncé d'hypothèses explicatives ;
- la conception d'une stratégie ou d'un protocole pour éprouver ces hypothèses ;
- la mise en œuvre du projet ainsi élaboré ;
- la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses ;
- l'élaboration d'un savoir mémorisable ;
- l'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir.

Ce canevas est la conceptualisation d'une démarche type. Le plus souvent, pour des raisons variées, il convient d'en **choisir quelques aspects pour la conception des séances**. C'est là aussi un espace de liberté pédagogique pour le professeur qui vérifiera toutefois qu'à l'issue de l'année, les différentes étapes auront bien été envisagées et pratiquées.

Pour que la démarche d'investigation soit un réel outil de formation, une vision qualitative plutôt que quantitative est préférable : mieux vaut argumenter bien et lentement qu'argumenter mal et trop vite. Cette démarche constitue le cadre intellectuel approprié pour la mise en œuvre d'activités de laboratoire, notamment manipulatoires et expérimentales, indispensables à la construction des savoirs de la discipline.

Les activités en laboratoire doivent aussi être l'occasion d'aborder des tâches complexes. À partir d'une question globale, elles sont l'occasion de développer les compétences des élèves, leur autonomie de raisonnement et leur attitude critique.

**Les technologies de l'information et de la communication**

Les technologies de l'information et de la communication seront mises en œuvre dans de nombreuses circonstances. Il pourra s'agir d'outils généralistes dont on fera ici un usage spécialisé, notamment **internet** en utilisation conjointe avec des techniques de laboratoire classiques. Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple l'**expérimentation assistée par ordinateur**, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.

L'usage de **logiciels, généralistes ou spécialisés, y compris** les jeux intelligents qui sont parfois une piste pédagogique envisageable, est encouragé.

Les sciences de la vie et de la Terre participent à la préparation du B2i niveau lycée.

 

Les productions pédagogiques, les travaux d'élèves, notamment dans le cadre d'une démarche d'investigation, gagneront à être exploités, en classe et en dehors de la classe dans le cadre d'un **environnement numérique de travail** (ENT).

**La pratique de démarches historiques**

L'approche historique d'une question scientifique peut être une **manière originale de construire une démarche d'investigation**. L'histoire de l'élaboration d'une connaissance scientifique, celle de sa modification au cours du temps, sont des moyens utiles pour comprendre la nature de la connaissance scientifique et son mode de construction, avec ses avancées et éventuelles régressions. Il conviendra de veiller à ce que cette approche ne conduise pas à la simple évocation d'une succession événementielle et à ne pas caricaturer cette histoire au point de donner une fausse idée de la démonstration scientifique : si certains arguments ont une importance historique majeure, il est rare qu'un seul d'entre eux suffise à entraîner une évolution décisive des connaissances scientifiques ; de même, il serait vain de prétendre faire « réinventer » par les élèves, en une ou deux séances, ce qui a nécessité le travail de plusieurs générations de chercheurs.

**L'approche de la complexité et le travail de terrain**

Le travail de terrain est un moyen privilégié pour **l'approche de la complexité des situations réelles**. Le programme comporte plusieurs items qui se prêtent bien à la réalisation d'un travail hors de l'établissement (sortie géologique, exploration d'un écosystème, visite de laboratoire, de musée scientifique, d'entreprise). Un tel déplacement permettra souvent de collecter des informations utiles pour plusieurs points du programme et susceptibles d'être exploitées à plusieurs moments de l'année.

Un tel travail de terrain doit s'exercer en cohérence avec un projet pédagogique pensé dans le contexte de l'établissement.

**L'autonomie des élèves et le travail par atelier**

Le lycéen doit se préparer à **une autonomie de pensée et d'organisation qui lui sera indispensable pour réussir ses études supérieures**. Les travaux pratiques se prêtent particulièrement au développement de cette compétence. Pour y parvenir, il est bon de concevoir les séances afin que l'élève dispose d'une certaine marge de manœuvre dans la construction de sa démarche.

La liberté de choix sera parfois exploitée en différenciant les exemples étudiés au sein d'une même classe. Chaque groupe d'élèves a alors en charge l'organisation autonome de son travail, sous la conduite du professeur. Échanges et débats conduisent ensuite à tirer des conclusions plus générales que l'étude collective d'un exemple unique ne le permettrait. Ils sont en outre l'occasion de développer les qualités d'expression, d'écoute et de respect mutuel, dans le cadre des règles de sécurité.

**L'évaluation des élèves**

Dès la classe de seconde, les évaluations formatives jouent un rôle important pour aider les élèves à s'adapter à leur nouveau cadre de travail.

Les dimensions **diagnostique**, **formative** et **sommative** en termes de connaissances, de capacités et d'attitudes ont chacune leur utilité. Le professeur choisit des supports pertinents afin d'aider les élèves le long de leurs parcours. Il facilite ainsi un accompagnement personnalisé permettant un suivi des apprentissages et une orientation éclairée. Sans exagérer le temps annuel consacré à l'évaluation sommative, il convient de concevoir des contrôles réguliers, de durées variées et ciblés sur quelques compétences bien identifiées qui varient d'un sujet à l'autre. L'organisation précise des évaluations dépend de la classe et constitue, tout au long du lycée, un cheminement progressif qui conduit au baccalauréat.

Les activités pratiques individuelles des élèves, qu'il convient de développer le plus souvent possible, sont également l'occasion d'évaluer les acquisitions des capacités techniques et expérimentales. Non seulement le suivi de leur acquisition permet de vérifier le développement d'une forme de rigueur de raisonnement spécifique aux sciences expérimentales, mais encore, c'est une préparation progressive, indispensable dès la classe de seconde, à une forme d'évaluation que les élèves pourront rencontrer au baccalauréat et au cours de leurs études supérieures. L'évaluation de la capacité à communiquer à l'oral est aussi à renforcer.

## 3. Les sciences de la vie et de la Terre, discipline d'ouverture

Les sciences de la vie et de la Terre sont une discipline ouverte sur les grands problèmes de la société contemporaine, comme le montrent les intitulés du programme eux-mêmes.

**Les préoccupations éducatives**

Les nombreuses connexions avec les objectifs éducatifs transversaux (santé, environnement, etc.) seront mises en évidence le plus souvent possible.

**La convergence avec d'autres disciplines**

Au-delà de la complémentarité avec les autres sciences expérimentales que sont les sciences physiques et chimiques, les programmes de sciences de la vie et de la Terre fournissent l'occasion d'interactions avec d'autres disciplines, notamment avec les mathématiques (prise en compte de la variabilité et de la diversité, problèmes d'incertitudes et fiabilité des mesures, formalisation), la géographie, la philosophie et l'EPS.

**L'histoire des arts**

En continuité avec les préconisations contenues dans les programmes de collège, il est bon de souligner que les sciences de la vie et de la Terre peuvent être l'occasion d'intéressantes relations avec l'enseignement d'histoire des arts. Les professeurs choisiront, en cohérence avec le mode d'organisation de l'enseignement de l'histoire des arts dans l'établissement, les modalités d'interactions qui leur conviennent.

 

Plusieurs sujets abordés dans le programme s'y prêtent, bien que le choix soit fait de ne pas le souligner au cas par cas le long du déroulé du programme afin de laisser toute liberté de mise en œuvre aux équipes.
À titre d'exemple, on peut citer les évocations littéraires de la biodiversité, de l'évolution ou de leur représentation picturale ainsi que la statuaire du corps humain au cours d'un exercice sportif. Les évocations littéraires de la vie des mineurs renseignent sur des conditions d'exploitation souvent révolues aujourd'hui. La représentation d'animaux ou végétaux actuels ou disparus met en scène un dialogue entre les connaissances scientifiques et les pratiques artistiques, etc.

## II - Les sciences de la vie et de la terre en classe terminale

Le programme d'enseignement en classe terminale de la série scientifique prend appui sur ceux du collège et de la classe de seconde mais aussi sur les résultats principaux de la classe de première S. De façon à faciliter un changement de filière en fin ou en cours de première, il est possible d'aborder la classe terminale sans avoir à reprendre les démonstrations détaillées conduites en classe de première. Seuls les concepts principaux doivent être acquis. Il va de soi cependant qu'un élève de première non scientifique qui souhaiterait aborder une classe de terminale S devra fournir un effort d'adaptation.
En classe terminale de la série scientifique, les trois thématiques présentées dans le préambule général pour le lycée sont déclinées comme indiqué ci-dessous. Les pourcentages des horaires proposés donnent une indication très générale de la pondération souhaitée entre les thèmes, mais ils ne doivent pas être considérés comme des impératifs rigides.
Dans le thème « La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant » (50 %), on étudie :
- le brassage génétique lié à la reproduction sexuée et quelques aspects de mécanismes de l'évolution ; cette partie intègre l'approche du végétal angiosperme considéré dans son ensemble ;
- quelques aspects des transformations géologiques du domaine continental.

Pour aborder le thème des « Enjeux planétaires contemporains » (17 %), deux questions sont traitées :
- la plante domestiquée par l'Homme ;
- les propriétés thermiques de la Terre comme source possible d'énergie et comme élément de compréhension du fonctionnement de la planète.

Enfin le thème « Corps humain et santé » (33 %) est structuré autour de deux questions :
- quelques aspects des relations immunitaires permettent de stabiliser et compléter des connaissances de collège et de relier cette thématique à une vision évolutive ;
- l'étude de la commande du muscle, conduite en association avec celle du réflexe myotatique, est l'occasion de stabiliser la notion de réflexe tout en fournissant les bases nécessaires concernant le neurone et la synapse.

Chacun remarquera que, tout en restant en phase avec des préoccupations sociétales, les deux derniers thèmes ont un ancrage dans la science fondamentale plus affirmé que dans les classes précédentes, ce qui est la traduction dans le programme de sciences de la vie et de la Terre du caractère plus spécialisé de la classe terminale.
Comme pour les classes de seconde ou de première, la liberté pédagogique du professeur est grande en classe terminale de la série scientifique. Cependant, la nécessité d'assurer la construction d'un corpus commun de compétences et la perspective du baccalauréat conduisent parfois à préciser davantage ce qui est attendu. Chaque fois que c'est possible, le programme indique les concepts à acquérir, les capacités à développer, en laissant souvent ouvert le choix des exemples. Cela entraînera, naturellement, une évolution de la définition des attendus au baccalauréat.
Intéresser les élèves, leur donner le goût et l'envie d'études supérieures scientifiques, faciliter leur compréhension et leur mémorisation, sont des préoccupations qui conduisent à recommander une pédagogie active fondée sur le concret. Activités pratiques réelles, en classe et sur le terrain, sont les outils de construction des compétences attendues et exigées pour l'évaluation des capacités expérimentales.
Beaucoup de points abordés dans le programme se prêtent particulièrement bien à des approfondissements disciplinaires ou, plus encore, à des développements transdisciplinaires notamment en accompagnement personnalisé.
En classe terminale de la série scientifique, les élèves étudient, en mathématiques, la notion d'intervalle de confiance. Afin d'assurer une cohérence entre les enseignements, il serait bon de présenter les résultats chiffrés utilisés en sciences de la vie et de la Terre en prenant en compte cette nouveauté. Par exemple, les données ponctuelles d'un graphique pourraient être présentées non sous la forme de simples points, mais sous la forme de barres, ainsi qu'il est d'usage dans toutes les publications scientifiques. Sans chercher à prendre en charge l'explicitation de la signification précise de cette représentation, le professeur indiquera l'usage qui en est fait et renverra les élèves aux justifications théoriques proposées dans l'enseignement de mathématiques.

 

## Programme

Le programme est présenté en deux colonnes. Chaque thème comporte une brève introduction qui en indique l'esprit général.
**La colonne de gauche liste les connaissances** (en caractère droit) qui doivent être acquises par les élèves à l'issue de la classe terminale.
En italique, la colonne de gauche comporte aussi quelques commentaires qui précisent et limitent les objectifs d'apprentissage, lorsque cela paraît nécessaire :
- en italique simple, quelques **précisions sur les objectifs et mots-clés** (ces mots-clés correspondent à des notions qui n'ont pas été placées directement dans le programme pour de simples questions d'écriture, mais qui doivent être connues des élèves) ;
- entre parenthèses, des indications sur **ce qui a déjà été étudié** et qui ne sera pas reconstruit en terminale (ces acquis peuvent cependant être rappelés) ;
- entre crochets, quelques limites, chaque fois qu'il a semblé nécessaire de rendre parfaitement explicite ce qui n'est pas exigible (il s'agit bien de limites de ce qui est exigible pour les élèves, ce qui ne veut pas dire qu'il est interdit d'en parler dans le déroulement de la construction du savoir) ;
- les convergences les plus marquantes vers d'autres disciplines (ces relations ne sont pas indiquées de façon exhaustive) ;
- la rubrique « pistes » suggère des directions de réflexions susceptibles d'être exploitées dans le cadre de prolongements au-delà du programme lui-même, accompagnement personnalisé, projets ou clubs scientifiques par exemple, de préférence en interdisciplinarité.

La **colonne de droite indique les capacités et attitudes** dont on attend qu'elles soient exercées dans le cadre de l'item décrit.
En préambule du programme, une liste de **capacités et attitudes générales** est présentée. Celles-ci sont communes à la plupart des items et ne sont pas reprises par la suite. Il convient cependant de ne pas les oublier et d'organiser leur apprentissage sur l'ensemble de l'année.
On observera que, par souci de continuité et de cohérence, le vocabulaire utilisé pour décrire les capacités et attitudes mises en œuvre s'inspire fortement de celui utilisé pour le socle commun de connaissances et de compétences du collège (B.O.EN n° 29 du 20 juillet 2006) et déjà utilisé pour les programmes en classe de seconde et de première.
La classe terminale est à la fois **l'achèvement du lycée et la porte d'entrée dans l'enseignement supérieu**r. Afin de faciliter la poursuite des études, il est bon de saisir les occasions qui se présentent de proposer des bilans simples et synthétiques, souvent sous forme schématique, de ce qui a été construit **au long de l'enseignement secondaire**. Pour faciliter l'identification de ces occasions de bilan, les chapeaux des items du programme comportent, en caractères gras, des suggestions de tels bilans.

**Capacités et attitudes développées tout au long du programme**

- Pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler une hypothèse, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser).
- Recenser, extraire et organiser des informations.
- Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.
- Manipuler et expérimenter.
- Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes.
- Exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique.
- Percevoir le lien entre sciences et techniques.
- Manifester sens de l'observation, curiosité, esprit critique.
- Montrer de l'intérêt pour les progrès scientifiques et techniques.
- Être conscient de sa responsabilité face à l'environnement, la santé, le monde vivant.
- Avoir une bonne maîtrise de son corps.
- Être conscient de l'existence d'implications éthiques de la science.
- Respecter les règles de sécurité.
- Comprendre la nature provisoire, en devenir, du savoir scientifique.
- Être capable d'attitude critique face aux ressources documentaires.
- Manifester de l'intérêt pour la vie publique et les grands enjeux de la société.
- Savoir choisir un parcours de formation.

# Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

## Thème 1-A Génétique et évolution

**Thème 1-A-1 Le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique**

En classe de seconde, une première approche de la diversité génétique a été effectuée. En classe de première S, les mutations ont été étudiées à l'échelle moléculaire ainsi que leur contribution à la production de diversité génétique. En classe terminale, on étudie les aspects génétiques de la sexualité en se limitant au cas des organismes pluricellulaires.

**Bilans : divisions cellulaires, ADN, gène, allèles, brassage génétique.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| La méiose est la succession de deux divisions cellulaires précédée comme toute division d'un doublement de la quantité d'ADN (réplication). Dans son schéma général, elle produit quatre cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde.<br>Au cours de la méiose, des échanges de fragments de chromatides (crossing-over ou enjambement) se produisent entre chromosomes homologues d'une même paire.<br>Les chromosomes ainsi remaniés subissent un brassage interchromosomique résultant de la migration aléatoire des chromosomes homologues lors de la 1ère division de méiose. Une diversité potentiellement infinie de gamètes est ainsi produite.<br>Des anomalies peuvent survenir. Un crossing-over inégal aboutit parfois à une duplication de gène. Un mouvement anormal de chromosomes produit une cellule présentant un nombre inhabituel de chromosomes. Ces mécanismes, souvent sources de troubles, sont aussi parfois sources de diversification du vivant (par exemple à l'origine des familles multigéniques).<br><br>*Objectifs et mots-clés. Brassage génétique inter et intrachromosomique au cours de la méiose. Diversité des gamètes. Stabilité des caryotypes.*<br>*(Collège, seconde, première. La mitose, les mutations, les allèles. Première idée de la recombinaison.)*<br>*[Limites. La nomenclature des phases de la méiose n'est pas exigible. La description cytologique de la méiose s'appuie sur le seul cas de la production de gamètes chez les animaux diploïdes à cycle monogénétique. Les mécanismes moléculaires de la recombinaison ne sont pas au programme. L'analyse des produits de méiose se limite aux diplontes par l'étude des descendants issus d'un croisement avec un homozygote récessif pour tous les* loci *étudiés : la génétique des haplontes n'est pas au programme.]*<br>*Convergence. Mathématiques : probabilités.*<br>*Pistes. Croisement entre la combinatoire génétique et la formalisation mathématique.* | Ordonner et interpréter des observations microscopiques de cellules en méiose.<br>Effectuer une analyse statistique simple d'un brassage interchromosomique (en analysant des produits de méiose).<br>Représenter schématiquement le déroulement de la méiose à partir d'une cellule diploïde.<br>Effectuer une analyse statistique simple d'un remaniement intrachromosomique (en analysant des produits de méiose)<br>Illustrer schématiquement le mécanisme du crossing-over et ses conséquences génétiques.<br>Illustrer schématiquement les mécanismes expliquant certaines anomalies chromosomiques. |
| Au cours de la fécondation, un gamète mâle et un gamète femelle s'unissent : leur fusion conduit à un zygote. La diversité génétique potentielle des zygotes est immense. Chaque zygote contient une combinaison unique et nouvelle d'allèles. Seule une fraction de ces zygotes est viable et se développe.<br><br>*Objectifs et mots-clés. La fécondation est abordée à partir d'un exemple choisi chez une espèce animale présentant un cycle monogénétique diplophasique.*<br>*(Collège, seconde, première. Première idée des mécanismes de la fécondation.)*<br>*[Limites. Seules les notions de portée générale sont exigibles. Si l'élève doit pouvoir illustrer son propos par un exemple, aucun n'est imposé par le programme. Si l'on met en évidence la fusion des matériels nucléaires, les autres phénomènes cellulaires de la fécondation (réaction acrosomiale, réaction corticale, activation métabolique) sont hors programme.]*<br>*Pistes. Approche mathématique du risque génétique.* | Observer et interpréter des observations microscopiques relatives à la fécondation.<br>Réaliser une analyse statistique simple des résultats d'une fécondation<br>Décrire schématiquement un exemple de fécondation et ses conséquences génétiques. |

**Thème 1-A-2 Diversification génétique et diversification des êtres vivants**
L'association des mutations et du brassage génétique au cours de la méiose et de la fécondation ne suffit pas à expliquer la totalité de la diversification génétique des êtres vivants. Il s'agit ici de donner une idée de l'existence de la diversité des processus impliqués, sans chercher une étude exhaustive. En outre, une diversification des êtres vivants n'est pas toujours liée à une diversification génétique.
**Bilan : processus de diversification du vivant.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| D'autres mécanismes de diversification des génomes existent : hybridations suivies de polyploïdisation, transfert par voie virale, etc.<br>S'agissant des gènes impliqués dans le développement, des formes vivantes très différentes peuvent résulter de variations dans la chronologie et l'intensité d'expression de gènes communs, plus que d'une différence génétique.<br>Une diversification des êtres vivants est aussi possible sans modification des génomes : associations (dont symbioses) par exemple.<br>Chez les vertébrés, le développement de comportements nouveaux, transmis d'une génération à l'autre par voie non génétique, est aussi source de diversité : chants d'oiseaux, utilisation d'outils, etc.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Il s'agit de montrer la variété des mécanismes de diversification à l'œuvre et l'apport de la connaissance des mécanismes du développement dans la compréhension des mécanismes évolutifs.*<br>*[Limites. Un traitement exhaustif des mécanismes possibles n'est pas attendu.]* | Étudier les modalités d'une modification du génome.<br>Comparer des gènes du développement pour en identifier les homologies de séquences.<br>Interpréter un changement évolutif en termes de modification du développement.<br>Étudier un exemple de diversification du vivant sans modification du génome. |

**Thème 1-A-3 De la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité**
La biodiversité a été définie et présentée comme produit et étape de l'évolution. Dans les classes précédentes, il a été montré que des individus porteurs de diverses combinaisons génétiques peuvent différer par leurs potentiels reproducteurs (plus grande attirance sexuelle exercée sur le partenaire ; meilleure résistance à un facteur du milieu, aux prédateurs ; meilleur accès à la nourriture, etc.). Cette influence, associée à la dérive génétique, conduit à une modification de la diversité génétique des populations au cours du temps.
**Bilan : la biodiversité et sa modification.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Sous l'effet de la pression du milieu, de la concurrence entre êtres vivants et du hasard, la diversité des populations change au cours des générations.<br>L'évolution est la transformation des populations qui résulte de ces différences de survie et du nombre de descendants.<br><br>*Objectifs et mots-clés. On insistera sur l'existence d'une survie différentielle et sur la diversité de l'effectif des descendants des individus qui conduisent à une modification des populations. Sélection naturelle et dérive génétique sont replacées dans ce cadre global.* | Analyser une situation concrète, à partir d'arguments variés (données génétiques, paléontologiques, biologiques, arbres phylogénétiques, etc.). |
| La diversité du vivant est en partie décrite comme une diversité d'espèces.<br>La définition de l'espèce est délicate et peut reposer sur des critères variés qui permettent d'apprécier le caractère plus ou moins distinct de deux populations (critères phénotypiques, interfécondité, etc.). Le concept d'espèce s'est modifié au cours de l'histoire de la biologie.<br>Une espèce peut être considérée comme une population d'individus suffisamment isolés génétiquement des autres populations. Une population d'individus identifiée comme constituant une espèce n'est définie que durant un laps de temps fini.<br>On dit qu'une espèce disparaît si l'ensemble des individus concernés disparaît ou cesse d'être isolé génétiquement. Une espèce supplémentaire est définie si un nouvel ensemble s'individualise.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Dans la continuité de l'approche des classes précédentes, il convient de montrer que l'espèce est une réalité statistique, collective et que c'est dans cette optique que la spéciation peut être envisagée.*<br>*[Limites. Il ne s'agit pas de conduire à une définition incontestable de l'espèce ou de la spéciation, mais simplement de montrer que ce concept dont on ne peut aujourd'hui se passer pour décrire le monde vivant est pourtant d'une nature très délicate.]* | Analyser des exemples de spéciation dans des contextes et selon des mécanismes variés à partir de documents fournis.<br>Analyser des informations relatives à la définition des limites d'une espèce vivante.<br>Analyser des exemples d'hybrides interspécifiques fertiles ou non. |

**Thème 1-A-4 Un regard sur l'évolution de l'Homme**
*Homo sapiens* peut être regardé, sur le plan évolutif, comme toute autre espèce. Il a une histoire évolutive et est en perpétuelle évolution. Cette histoire fait partie de celle, plus générale, des primates.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| D'un point de vue génétique, l'Homme et le chimpanzé, très proches, se distinguent surtout par la position et la chronologie d'expression de certains gènes.<br>Le phénotype humain, comme celui des grands singes proches, s'acquiert au cours du développement pré et postnatal, sous l'effet de l'interaction entre l'expression de l'information génétique et l'environnement (dont la relation aux autres individus).<br>Les premiers primates fossiles datent de - 65 à -50 millions d'années. Ils sont variés et ne sont identiques ni à l'Homme actuel, ni aux autres singes actuels. La diversité des grands primates connue par les fossiles, qui a été grande, est aujourd'hui réduite.<br>Homme et chimpanzé partagent un ancêtre commun récent. Aucun fossile ne peut être à coup sûr considéré comme un ancêtre de l'homme ou du chimpanzé.<br>Le genre *Homo* regroupe l'Homme actuel et quelques fossiles qui se caractérisent notamment par une face réduite, un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette, un style de bipédie avec trou occipital avancé et aptitude à la course à pied, une mandibule parabolique, etc. Production d'outils complexes et variété des pratiques culturelles sont associées au genre *Homo*, mais de façon non exclusive. La construction précise de l'arbre phylogénétique du genre *Homo* est controversée dans le détail.<br><br>*Objectif. Appliquer au cas* Homo sapiens *les acquis en matière d'évolution.*<br>*(Collège, première : premières idées sur la place de l'Homme dans l'évolution ; pigments rétiniens et place de l'Homme parmi les primates.)*<br>*[Limites. L'étude de fossiles n'a aucun objectif exhaustif. Il s'agit simplement d'illustrer la diversité des primates fossiles, notamment de ceux habituellement classés dans le genre* Homo. *Aucun arbre phylogénétique précis n'est exigible mais comment, en s'appuyant sur tel ou tel caractère, on aborde sa construction. La controverse sur le détail précis de l'arbre est évoquée et illustre une question scientifique en devenir. Cependant, les différentes conceptions en présence ne sont en aucun cas exigibles.]*<br>*Convergence. Philosophie : Regards croisés sur l'Homme.*<br>*Pistes. Étude comparée des primates ; arts de la préhistoire.* | Comparer les génotypes de différents primates.<br>Positionner quelques espèces de primates actuels ou fossiles, dans un arbre phylogénétique, à partir de l'étude de caractères ou de leurs productions. |

**Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes**
L'organisation fonctionnelle des plantes (angiospermes) est mise en relation avec les exigences d'une vie fixée en relation avec deux milieux, l'air et le sol. Au cours de l'évolution, des processus trophiques, des systèmes de protection et de communication, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mis en place. L'objectif de ce thème est, sans rentrer dans le détail des mécanismes, de comprendre les particularités d'organisation fonctionnelle de la plante et de les mettre en relation avec le mode de vie fixé.
**Bilans : schéma général de la plante, organisation et fonction de la fleur.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Les caractéristiques de la plante sont en rapport avec la vie fixée à l'interface sol/air dans un milieu variable au cours du temps.<br>Elle développe des surfaces d'échanges de grande dimension avec l'atmosphère (échanges de gaz, capture de la lumière) et avec le sol (échange d'eau et d'ions). Des systèmes conducteurs permettent les circulations de matières dans la plante, notamment entre systèmes aérien et souterrain.<br>Elle possède des structures et des mécanismes de défense (contre les agressions du milieu, les prédateurs, les variations saisonnières). | Conduire une étude morphologique simple d'une plante commune.<br>Réaliser et observer une coupe anatomique dans une tige ou une racine.<br>Effectuer une estimation (ordre de grandeur) des surfaces d'échanges d'une plante par rapport à sa masse ou son volume. Comparer avec un mammifère par exemple. |

| | |
|---|---|
| *Objectif et mots-clés. Il s'agit d'aboutir à une vue globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions. Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir. L'étude d'une coupe anatomique permet de repérer les deux grands types de tissus conducteurs.*<br>*(Collège. Première approche de l'organisation végétale.)*<br>*[Limites. Le raisonnement s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme. L'anatomie végétale n'est pas un objectif de formation : on se limite au repérage du phloème et du xylème et à l'indication de leurs rôles - sans mécanisme - dans la conduction des sèves. Les mécanismes immunitaires des végétaux ne sont pas au programme.]*<br>*Pistes. Modélisation fractale de l'augmentation de surface du système foliaire ou racinaire. Étude d'hormones végétales et de leurs actions sur la croissance, le passage de la mauvaise saison.* | Représenter schématiquement l'organisation d'une plante-type et savoir en décrire un exemple.<br>Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des mécanismes protecteurs chez une plante (production de cuticules, de toxines, d'épines, etc.).<br>Analyser les modalités de résistance d'une plante aux variations saisonnières. |
| L'organisation florale, contrôlée par des gènes de développement, et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées.<br>La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur/plante produit d'une coévolution.<br>À l'issue de la fécondation, la fleur se transforme en fruits contenant des graines.<br>La dispersion des graines est nécessaire à la survie et à la dispersion de la descendance. Elle repose souvent sur une collaboration animal disséminateur/plante produit d'une coévolution.<br><br>*Objectif et mots-clés. Fleur, pistil (ovaire, ovule), étamine, pollen. Fruit, graine. Pollinisation par le vent et les animaux.*<br>*[Limites. Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue. Sont explicitement hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les mécanismes de formation de la graine ou du fruit. La coévolution est constatée comme un résultat, mais ses mécanismes ne sont pas demandés. La connaissance exhaustive des gènes du développement floral.]*<br>*Pistes. Études de coévolution. Étude des mécanismes de transformation de la fleur en fruit.* | Réaliser la dissection d'une fleur simple et traduire les observations sous une forme schématique simple (diagramme floral).<br>Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal pollinisateur.<br>Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal assurant sa dissémination. |

### Thème 1-B - Le domaine continental et sa dynamique

En classe de première S, l'attention s'est portée principalement sur les domaines océaniques. On aborde ici les continents. Il s'agit de dégager les caractéristiques de la lithosphère continentale et d'en comprendre l'évolution à partir de données de terrain.
La compréhension de la dynamique de la lithosphère devient ainsi plus complète.

**Bilans : granite, gabbro, basalte, péridotite ; le modèle de la tectonique des plaques ; volcanisme, recyclage des matériaux de la croûte ; notions d'érosion, transport, sédimentation.**

**Thème 1-B-1 La caractérisation du domaine continental : lithosphère continentale, reliefs et épaisseur crustale**

La croûte continentale affleure dans les régions émergées. L'examen de données géologiques permet à la fois d'expliquer cette situation et de nuancer cette vision rapide.
Les mécanismes de formation des montagnes sont complexes. On se limite au cas des reliefs liés à un épaississement crustal dont les indices peuvent être retrouvés sur le terrain et/ou en laboratoire.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| La lithosphère est en équilibre (isostasie) sur l'asthénosphère. Les différences d'altitude moyenne entre les continents et les océans s'expliquent par des différences crustales.<br>La croûte continentale, principalement formée de roches voisines du granite, est d'une épaisseur plus grande et d'une densité plus faible que la croûte océanique.<br>L'âge de la croûte océanique n'excède pas 200 Ma, alors que la croûte continentale date par endroit de plus de 4 Ga. Cet âge est déterminé par radiochronologie.<br>Au relief positif qu'est la chaîne de montagnes, répond, en profondeur, une importante racine crustale. | Réaliser et exploiter une modélisation analogique ou numérique pour comprendre la notion d'isostasie.<br>Utiliser des données sismiques et leur traitement avec des logiciels pour évaluer la profondeur du Moho.<br>Déterminer un âge en utilisant la méthode de la droite isochrone.<br>Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie. |

| | |
|---|---|
| L'épaisseur de la croûte résulte d'un épaississement lié à un raccourcissement et un empilement. On en trouve des indices tectoniques (plis, failles, nappes) et des indices pétrographiques (métamorphisme, traces de fusion partielle).<br>Les résultats conjugués des études tectoniques et minéralogiques permettent de reconstituer un scénario de l'histoire de la chaîne.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Il s'agit de présenter trois grandes caractéristiques continentales : épaisseur crustale, densité crustale, âges variés et parfois très anciens. La radiochronologie des roches est fondée sur la décroissance radioactive naturelle de certains éléments chimiques présents dans les minéraux qui les constituent. On étudie un exemple d'indice tectonique et un indice pétrographique de raccourcissement.*<br>*[Limites. L'interrogation en SVT au baccalauréat ne portera pas sur les formalisations mathématiques et/ou physiques de la radioactivité. L'étude de radiochronologie se limite à un cas : droite isochrone Rb/Sr. Les connaissances pétrographiques se limitent au rappel de ce qui a été vu en classe de première pour le granite. L'étude de la gravimétrie se limite à l'étude d'une modélisation simple de l'isostasie. Il ne s'agit pas d'étudier dans son ensemble le mécanisme orogénique mais seulement de mettre en évidence l'association sur un exemple de phénomènes tectoniques et pétrographiques.]*<br>*Convergences. Mathématiques : exponentielles. Physique : radioactivité. Chimie : transformations chimiques, thermodynamique.*<br>*Pistes. La transformation chimique en phase solide ; les processus de fusion partielle.* | Repérer, à différentes échelles, des indices simples de modifications tectoniques ou pétrographiques du raccourcissement et de l'empilement. |

**Thème 1-B-2 La convergence lithosphérique : contexte de la formation des chaînes de montagnes**

Si les dorsales océaniques sont le lieu de la divergence des plaques et les failles transformantes une situation de coulissage, les zones de subductions sont les domaines de la convergence à l'échelle lithosphérique. Ces régions, déjà présentées en classe de première S, sont étudiées ici pour comprendre une situation privilégiée de raccourcissement et d'empilement et donc de formation de chaînes de montagnes.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Les chaînes de montagnes présentent souvent les traces d'un domaine océanique disparu (ophiolites) et d'anciennes marges continentales passives. La « suture » de matériaux océaniques résulte de l'affrontement de deux lithosphères continentales (collision). Tandis que l'essentiel de la lithosphère continentale continue de subduire, la partie supérieure de la croûte s'épaissit par empilement de nappes dans la zone de contact entre les deux plaques.<br>Les matériaux océaniques et continentaux montrent les traces d'une transformation minéralogique à grande profondeur au cours de la subduction.<br>La différence de densité entre l'asthénosphère et la lithosphère océanique âgée est la principale cause de la subduction. En s'éloignant de la dorsale, la lithosphère océanique se refroidit et s'épaissit. L'augmentation de sa densité au-delà d'un seuil d'équilibre explique son plongement dans l'asthénosphère. En surface, son âge n'excède pas 200 Ma.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Subduction, collision. Les indices de subduction ou de collision doivent pouvoir être reconnus sur divers types de documents. La succession est présentée comme un scénario type, jamais parfaitement réalisé sur le terrain. Subsidence thermique. Le rôle moteur de la traction par la lithosphère océanique plongeante complète la compréhension de la tectonique des plaques.*<br>*Collège. Collision. Première. Nature pétrographique de la lithosphère océanique.*<br>*[Limites. Les exemples relèvent du choix du professeur, aucune chaîne de montagne n'est privilégiée. Aucune connaissance d'ensemble d'une chaîne de montagne précise n'est attendue.]*<br>*Convergences. Physique-chimie : diagrammes de phase.* | Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.<br>Repérer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique de roche à la lame mince, des minéraux témoignant de transformations liées à la subduction.<br>Raisonner à l'aide de calculs simples sur le lien entre âge de la lithosphère/densité/subduction. |

**Thème 1-B-3 Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux**
Les zones de subduction sont le siège d'une importante activité magmatique qui aboutit à une production de croûte continentale.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Dans les zones de subduction, des volcans émettent des laves souvent visqueuses associées à des gaz et leurs éruptions sont fréquemment explosives.<br>La déshydratation des matériaux de la croûte océanique subduite libère de l'eau qu'elle a emmagasinée au cours de son histoire, ce qui provoque la fusion partielle des péridotites du manteau sus-jacent.<br>Si une fraction des magmas arrive en surface (volcanisme), la plus grande partie cristallise en profondeur et donne des roches à structure grenue de type granitoïde. Un magma, d'origine mantellique, aboutit ainsi à la création de nouveau matériau continental.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Accrétion continentale ; granodiorite ; andésite.*<br>*(Collège. Dynamisme éruptif. Première. Subduction.)*<br>*[Limites. Les mécanismes de la fusion se limitent à la mise en évidence du rôle de « fondant » de l'eau. Les réactions minéralogiques de déshydratation ne sont pas exigibles.]*<br>*Pistes. Métamorphisme dans la plaque subduite.* | Observer à différentes échelles, de l'échantillon macroscopique à la lame mince, les roches mises en place dans un cadre de subduction et comprendre les différences de structures et leur particularités minéralogiques (abondance en minéraux hydroxylés).<br>Réaliser et exploiter les résultats de modélisations numériques de fusion partielle des roches.<br>Comparer les compositions minéralogiques d'un basalte et d'une andésite. |

**Thème 1-B-4 La disparition des reliefs**
Tout relief est un système instable qui tend à disparaître aussitôt qu'il se forme. Il ne s'agit évidemment pas ici d'étudier de façon exhaustive les mécanismes de destruction des reliefs et le devenir des matériaux de démantèlement, mais simplement d'introduire l'idée d'un recyclage en replaçant, dans sa globalité, le phénomène sédimentaire dans cet ensemble.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Les chaînes de montagnes anciennes ont des reliefs moins élevés que les plus récentes. On y observe à l'affleurement une plus forte proportion de matériaux transformés et/ou formés en profondeur. Les parties superficielles des reliefs tendent à disparaître.<br>Altération et érosion contribuent à l'effacement des reliefs.<br>Les produits de démantèlement sont transportés sous forme solide ou soluble, le plus souvent par l'eau, jusqu'en des lieux plus ou moins éloignés où ils se déposent (sédimentation).<br>Des phénomènes tectoniques participent aussi à la disparition des reliefs.<br>L'ensemble de ces phénomènes débute dès la naissance du relief et constitue un vaste recyclage de la croûte continentale.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Il s'agit de montrer que les chaînes de montagnes sont des systèmes dynamiques et disparaissent. Comme les matériaux océaniques, la lithosphère continentale est recyclée en permanence. Les mécanismes sont cependant différents, ce qui explique que la croûte continentale puisse conserver les roches les plus anciennes de la Terre.*<br>*(Collège. L'eau, agent principal d'érosion, transport, sédimentation ; sédiments, roches sédimentaires.)*<br>*[Limites. Aucun exemple précis n'est imposé par le programme. La diagenèse n'est pas au programme.]*<br>*Pistes. Approches quantitatives : flux sédimentaire, réajustements isostatiques, vitesse d'érosion.*<br>*Convergences. Géographie : altération-climat.* | Recenser, extraire et organiser des données de terrain entre autres lors d'une sortie.<br>Exploiter des données cartographiques.<br>Utiliser des images ou des données satellites pour qualifier et éventuellement quantifier l'érosion d'un massif actuel (ordre de grandeur).<br>Établir un schéma bilan du cycle des matériaux de la croûte continentale. |

## Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains

### Thème 2-A - Géothermie et propriétés thermiques de la Terre

L'énergie solaire, d'origine externe au globe terrestre, a été largement abordée dans les programmes de sciences de la vie et de la Terre des classes de seconde et de première. Un flux thermique dont l'origine est interne se dirige aussi vers la surface. L'étudier en classe terminale est à la fois prendre conscience d'une ressource énergétique possible et un moyen de comprendre le fonctionnement global de la planète.
**Bilan : flux thermique, convection, conduction, énergie géothermique.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| La température croît avec la profondeur (gradient géothermique) ; un flux thermique atteint la surface en provenance des profondeurs de la Terre (flux géothermique). Gradients et flux varient selon le contexte géodynamique.<br>Le flux thermique a pour origine principale la désintégration des substances radioactives contenues dans les roches.<br>Deux mécanismes de transfert thermique existent dans la Terre : la convection et la conduction. Le transfert par convection est beaucoup plus efficace.<br>À l'échelle globale, le flux fort dans les dorsales est associé à la production de lithosphère nouvelle ; au contraire, les zones de subduction présentent un flux faible associé au plongement de la lithosphère âgée devenue dense. La Terre est une machine thermique.<br>L'énergie géothermique utilisable par l'Homme est variable d'un endroit à l'autre. Le prélèvement éventuel d'énergie par l'Homme ne représente qu'une infime partie de ce qui est dissipé. | Exploiter des données extraites des atlas régionaux des ressources géothermales en France, concernant la température des fluides extraits dans ces zones.<br>Exploiter les données recueillies lors d'une sortie locale dans une exploitation géothermique.<br>Exploiter l'imagerie satellitale et les cartes de répartition mondiale du flux thermique pour replacer les exploitations actuelles dans le cadre structural : magmatisme de rifting, de subduction ou de points chauds.<br>Réaliser des mesures de conduction et de convection à l'aide d'un dispositif ExAO et les traiter avec un tableur informatique. |
| *Objectifs et mots-clés. Il s'agit de montrer le lien étroit entre la compréhension du fonctionnement de la planète et l'utilisation par l'Homme d'une ressource naturelle que l'on peut considérer inépuisable. La compréhension du transfert thermique dans la Terre permet de compléter le schéma de tectonique globale en y faisant figurer la convection mantellique.*<br>*(Collège, seconde, première. Il convient de réinvestir les résultats des classes antérieures pour aboutir à une compréhension très globale du fonctionnement de la planète.)*<br>*[Limites. Aucune formalisation mathématique de la circulation du flux thermique n'est attendue.]*<br>*Convergences. Physique : transferts thermiques.*<br>*Pistes. Approche mathématique du flux thermique, calcul du gradient géothermique.* | Réaliser et exploiter une modélisation analogique de convection en employant éventuellement des matériaux de viscosité différente.<br>Exploiter les imageries de tomographies sismiques. |

## Thème 2-B La plante domestiquée

Les plantes (on se limite aux angiospermes), directement ou indirectement (par l'alimentation des animaux d'élevage) sont à la base de l'alimentation humaine. Elles constituent aussi des ressources dans différents domaines : énergie, habillement, construction, médecine, arts, pratiques socioculturelles, etc. La culture des plantes constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité.
Sans chercher l'exhaustivité, il s'agit de montrer que l'Homme agit sur le génome des plantes cultivées et donc intervient sur la biodiversité végétale. L'utilisation des plantes par l'Homme est une très longue histoire, qui va des pratiques empiriques les plus anciennes à la mise en œuvre des technologies les plus modernes.
**Bilan : sélection génétique des plantes ; génie génétique.**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| La sélection exercée par l'Homme sur les plantes cultivées a souvent retenu (volontairement ou empiriquement) des caractéristiques génétiques différentes de celles qui sont favorables pour les plantes sauvages.<br>Une même espèce cultivée comporte souvent plusieurs variétés sélectionnées selon des critères différents ; c'est une forme de biodiversité.<br>Les techniques de croisement permettent d'obtenir de nouvelles plantes qui n'existaient pas dans la nature (nouvelles variétés, hybrides, etc.).<br>Les techniques du génie génétique permettent d'agir directement sur le génome des plantes cultivées.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Il s'agit de montrer les différentes modalités d'action humaine sur les caractéristiques génétiques des plantes cultivées.*<br>*[Limites. Les éléments scientifiques introduits ici permettent un débat sur l'usage de telle ou telle méthode, mais il n'entre pas dans les objectifs de l'enseignement scientifique de trancher, à lui seul, la controverse.]*<br>*Convergences. Histoire des arts : la modification des aliments de l'Homme au travers de leur représentation picturale. Histoire et géographie : histoire des plantes cultivées et des civilisations.* | Comparer une plante cultivée et son ancêtre naturel supposé.<br>Recenser, extraire et exploiter des informations afin de comprendre les caractéristiques de la modification génétique d'une plante. |

## Thème 3 - Corps humain et santé

Dans ce thème, le projet est d'aborder quelques sujets ayant un rapport direct avec de grandes questions de santé en même temps que les bases scientifiques nécessaires pour les traiter. Il s'agit de montrer que la réflexion sur la santé ne peut être conduite sans des connaissances scientifiques solides.

### Thème 3-A Le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire

Le système immunitaire est constitué d'organes, de cellules et de molécules qui contribuent au maintien de l'intégrité de l'organisme. Le système immunitaire tolère habituellement les composantes de l'organisme mais il réagit à la perception de signaux de danger (entrée d'éléments étrangers, modification des cellules de l'organisme). Par l'activité de ses différents effecteurs, il réduit ou élimine le trouble à l'origine de sa mise en action. La bonne santé d'un individu résulte d'un équilibre dynamique entretenu par des réactions immunitaires en réponse à des dérèglements internes ou des agressions du milieu extérieur (physiques, chimiques ou biologiques). Chez les vertébrés, ce système comprend un ensemble de défenses aux stratégies très différentes : l'immunité innée et l'immunité adaptative.

**Bilan : la défense de l'organisme contre les agressions ; immunité ; mémoire immunitaire.**

**Thème 3-A-1 La réaction inflammatoire, un exemple de réponse innée**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| L'immunité innée ne nécessite pas d'apprentissage préalable, est génétiquement héritée et est présente dès la naissance. Elle repose sur des mécanismes de reconnaissance et d'action très conservés au cours de l'évolution.<br>Très rapidement mise en œuvre, l'immunité innée est la première à intervenir lors de situations variées (atteintes des tissus, infection, cancer). C'est une première ligne de défense qui agit d'abord seule puis se prolonge pendant toute la réaction immunitaire.<br>La réaction inflammatoire aiguë en est un mécanisme essentiel. Elle fait suite à l'infection ou à la lésion d'un tissu et met en jeu des molécules à l'origine de symptômes stéréotypés (rougeur, chaleur, gonflement, douleur). Elle prépare le déclenchement de l'immunité adaptative.<br><br>*Objectif et mots-clés. Organes lymphoïdes, macrophages, monocytes, granulocytes, phagocytose, mastocytes, médiateurs chimiques de l'inflammation, réaction inflammatoire, médicaments anti-inflammatoires. Il s'agit sur un exemple de montrer le déclenchement d'une réaction immunitaire et l'importance de la réaction inflammatoire.*<br>*(Collège. Les bases d'immunologie.)*<br>*[Limites : la description exhaustive du CMH. La description des récepteurs de l'immunité innée (PRR), des signaux de dangers et les signatures des pathogènes (PAMP). La mise en perspective évolutive du système immunitaire est signalée et permet de rattacher la réflexion sur la santé à cette thématique de sciences fondamentales, mais elle ne fait pas l'objet d'une argumentation particulière.]* | Observer et comparer une coupe histologique ou des documents en microscopie avant et lors d'une réaction inflammatoire aiguë.<br>Recenser, extraire et exploiter des informations, sur les cellules et les molécules impliquées dans la réaction inflammatoire aiguë.<br>Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les effets de médicaments antalgiques et anti-inflammatoires. |

**Thème 3-A-2 L'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Alors que l'immunité innée est largement répandue chez les êtres vivants, l'immunité adaptative est propre aux vertébrés. Elle s'ajoute à l'immunité innée et assure une action plus spécifique contre des molécules, ou partie de molécules.<br>Les cellules de l'immunité adaptative ne deviennent effectrices qu'après une première rencontre avec un antigène grâce aux phénomènes de sélection, d'amplification et de différenciation clonales.<br>Les défenses adaptatives associées avec les défenses innées permettent normalement d'éliminer la cause du déclenchement de la réaction immunitaire.<br>Le système immunitaire, normalement, ne se déclenche pas contre des molécules de l'organisme ou de ses symbiotes. Cela est vrai notamment pour la réponse adaptative.<br>Pourtant, les cellules de l'immunité adaptative, d'une grande diversité, sont produites aléatoirement par des mécanismes génétiques complexes qui permettent potentiellement de répondre à une multitude de molécules. La maturation du système immunitaire résulte d'un équilibre dynamique entre la production de cellules et la répression ou l'élimination des cellules autoréactives. | Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les cellules et les molécules intervenant dans l'immunité adaptative.<br>Concevoir et réaliser une expérience permettant de caractériser la spécificité des molécules intervenant dans l'immunité adaptative<br>Concevoir et réaliser des expériences permettant de mettre en évidence les immunoglobulines lors de la réaction immunitaire. |

| | |
|---|---|
| *Objectif et mots-clés. Cellule présentatrice de l'antigène, lymphocytes B, plasmocytes, immunoglobulines (anticorps), séropositivité, lymphocytes T CD4, lymphocytes T auxiliaire, interleukine 2, lymphocytes T CD8, lymphocytes T cytotoxiques ; sélection, amplification, différenciation clonales. L'exemple d'une infection virale (grippe) fait comprendre la mise en place des défenses adaptatives et comment, en collaboration avec les défenses innées, elles parviennent à l'élimination du virus. On insistera sur la réponse adaptative à médiation humorale. On profitera de cette étude pour signaler le mode d'action du VIH et la survenue de maladies opportunistes dans le cas du Sida. L'existence d'une maturation du système immunitaire n'est présentée que de façon globale.*<br>*[Limites : la description des mécanismes génétiques à l'origine de la diversité du répertoire immunologique. La présentation de l'antigène aux lymphocytes T, la description du cycle de développement du VIH.]* | |

**Thème 3-A-3 Le phénotype immunitaire au cours de la vie**

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Une fois formés, certains effecteurs de l'immunité adaptative sont conservés grâce à des cellules-mémoires à longue durée de vie.<br>Cette mémoire immunitaire permet une réponse secondaire à l'antigène plus rapide et quantitativement plus importante qui assure une protection de l'organisme vis-à-vis de cet antigène.<br>La vaccination déclenche une telle mémorisation. L'injection de produits immunogènes mais non pathogènes (particules virales, virus atténués, etc.) provoque la formation d'un pool de cellules mémoires dirigées contre l'agent d'une maladie. L'adjuvant du vaccin déclenche la réaction innée indispensable à l'installation de la réaction adaptative.<br>Le phénotype immunitaire d'un individu se forme au gré des expositions aux antigènes et permet son adaptation à l'environnement. La vaccination permet d'agir sur ce phénomène.<br>La production aléatoire de lymphocytes naïfs est continue tout au long de la vie mais, au fil du temps, le pool des lymphocytes mémoires augmente.<br><br>*Objectif et mots-clés. Mémoire immunitaire, vaccins. Il s'agit de faire comprendre la base biologique de la stratégie vaccinale qui permet la protection de l'individu vacciné et de la population. On indique que l'adjuvant du vaccin prépare l'organisme au déclenchement de la réaction adaptative liée au vaccin, un peu comme la réaction inflammatoire prépare la réaction adaptative naturelle.*<br>*(Collège. Premières idées sur les vaccins.)*<br>*[Limites : la description exhaustive des types de vaccins et des pratiques vaccinales.]* | Recenser, extraire et exploiter des informations sur la composition d'un vaccin et sur son mode d'emploi. |

Thème 3-B Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse

En partant des acquis de la classe de seconde, il s'agit d'apporter une compréhension plus fine du système neuromusculaire et de comprendre un test médical couramment utilisé. C'est aussi l'occasion d'apporter les connaissances indispensables concernant le neurone et la synapse.

**Bilan : neurone, synapse chimique ; plasticité cérébrale.**

**Thème 3-B-1 Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle**

Le réflexe myotatique sert d'outil diagnostique pour apprécier l'intégrité du système neuromusculaire : par un choc léger sur un tendon, on provoque la contraction du muscle étiré (exemple du réflexe rotulien ou achilléen).

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique. Il met en jeu différents éléments qui constituent l'arc-réflexe.<br>Le neurone moteur conduit un message nerveux codé en fréquence de potentiels d'actions.<br>La commande de la contraction met en jeu le fonctionnement de la synapse neuromusculaire. | Mettre en évidence les éléments de l'arc-réflexe à partir de matériels variés (enregistrements, logiciels de simulation).<br>Observer et comparer des lames histologiques de fibre et de nerf.<br>Observer des lames histologiques pour comprendre l'organisation de la moelle épinière. |

| | |
|---|---|
| *Objectifs et mots-clés. Les éléments de l'arc-réflexe : stimulus, récepteur, neurone sensoriel, centre nerveux, neurone moteur, effecteur (fibre musculaire). Caractéristiques structurales et fonctionnelles du neurone (corps cellulaire, dendrite, axone, potentiels de repos et d'action). Synapse chimique (bouton synaptique, neuromédiateur - acétylcholine, exocytose, fente synaptique, récepteur post-synaptique, potentiel d'action musculaire). Codage électrique en fréquence, codage chimique en concentration.*<br>*[Limites. Sont hors programme : les mécanismes ioniques des potentiels membranaires, les potentiels de récepteurs, les potentiels post-synaptiques et les mécanismes de déclenchement du potentiel d'action musculaire, le couplage excitation-contraction.]* | Recenser, extraire et exploiter des informations, afin de caractériser le fonctionnement d'une synapse chimique.<br>Interpréter les effets de substances pharmacologiques sur le fonctionnement de synapses chimiques. |

**Thème 3-B-2 De la volonté au mouvement**

Si le réflexe myotatique sert d'outil diagnostique pour identifier d'éventuelles anomalies du système neuromusculaire local, il n'est pas suffisant car certaines anomalies peuvent résulter d'anomalies touchant le système nerveux central et se traduire aussi par des dysfonctionnements musculaires. Ainsi, les mouvements volontaires sont contrôlés par le système nerveux central.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| L'exploration du cortex cérébral permet de découvrir les aires motrices spécialisées à l'origine des mouvements volontaires. Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones qui descendent dans la moelle jusqu'aux motoneurones. C'est ce qui explique les effets paralysants des lésions médullaires.<br>Le corps cellulaire du motoneurone reçoit des informations diverses qu'il intègre sous la forme d'un message moteur unique et chaque fibre musculaire reçoit le message d'un seul motoneurone.<br><br>*Objectifs et mots-clés. Motoneurone, aire motrice. En se limitant à l'exploitation d'imageries cérébrales simples, il s'agit de montrer l'existence d'une commande corticale du mouvement.*<br>*[Limites. Les voies nerveuses de la motricité volontaire sont hors programme.]* | Recenser, extraire et exploiter des informations, afin de caractériser les aires motrices cérébrales. |

**Thème 3-B-3 Motricité et plasticité cérébrale**

Le système nerveux central peut récupérer ses fonctions après une lésion limitée. La plasticité des zones motrices explique cette propriété.

| Connaissances | Capacités, attitudes |
|---|---|
| La comparaison des cartes motrices de plusieurs individus montre des différences importantes. Loin d'être innées, ces différences s'acquièrent au cours du développement, de l'apprentissage des gestes et de l'entraînement. Cette plasticité cérébrale explique aussi les capacités de récupération du cerveau après la perte de fonction accidentelle d'une petite partie du cortex moteur. Les capacités de remaniements se réduisent tout au long de la vie, de même que le nombre de cellules nerveuses. C'est donc un capital à préserver et entretenir.<br><br>*Objectifs et mots-clés. En s'appuyant sur les notions sur la plasticité cérébrale acquise en première par l'étude de la vision, il s'agit de montrer que cette plasticité affecte aussi le cortex moteur et l'importance de cette plasticité, tant dans l'élaboration d'un phénotype spécifique que dans certaines situations médicales.*<br>*(Première. Notions sur la plasticité cérébrale.)*<br>*[Limites. La plasticité cérébrale n'est pas abordée dans ses mécanismes moléculaires : on se contente de constater des modifications des aires corticales.]* | Recenser et exploiter des informations afin de mettre en évidence la plasticité du cortex moteur. |

## ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

L'enseignement de spécialité de sciences de la vie et de la Terre prépare l'élève à une poursuite d'études dans ces domaines scientifiques en renforçant l'acquisition des connaissances et démarches spécifiques qui y sont associées. Le programme est organisé en trois thèmes, dans le respect de la logique structurant les programmes du lycée en relation avec les Univers-métiers correspondants. C'est l'occasion pour l'élève de mieux appréhender la perspective de ses futures études, de préciser son choix d'orientation et de faciliter la transition vers l'enseignement supérieur.
L'enseignement de spécialité se doit d'être délibérément concret. Les objectifs de connaissance sont ainsi modestes, mais ils doivent être acquis grâce à la mise en œuvre de démarches d'investigation (fondées sur le raisonnement, l'observation, l'habileté expérimentale, le débat argumenté, etc.) qui offrent une place prépondérante à l'initiative de l'élève, au développement de son autonomie et de ses compétences.
Les thèmes abordés permettront notamment de développer par la pratique des capacités méthodologiques portant sur la microscopie, l'expérimentation (éventuellement assistée par ordinateur), l'analyse du terrain, la recherche documentaire, la modélisation numérique, etc.

### Thème 1 - La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution de la vie

#### Énergie et cellule vivante (on se limite aux cellules eucaryotes)

Tout système vivant échange de la matière et de l'énergie avec ce qui l'entoure. Il est le siège de couplages énergétiques.
- La cellule chlorophyllienne des végétaux verts effectue la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse. Le chloroplaste est l'organite clé de cette fonction. La phase photochimique produit des composés réduits $RH_2$ et de l'ATP. La phase chimique produit du glucose à partir de $CO_2$ en utilisant les produits de la phase photochimique.
[Les mécanismes moléculaires de la chaîne photosynthétique et la conversion chimio-osmotique ne sont pas au programme. Seuls les bilans devront être mémorisés. La réduction dans le chloroplaste d'autres substances minérales que le $CO_2$ n'est pas au programme.]
- La plupart des cellules eucaryotes (y compris les cellules chlorophylliennes) respirent : à l'aide de dioxygène, elles oxydent la matière organique en matière minérale. La mitochondrie joue un rôle majeur dans la respiration cellulaire. L'oxydation du glucose comprend la glycolyse (dans le hyaloplasme) puis le cycle de Krebs (dans la mitochondrie) : dans leur ensemble, ces réactions produisent du $CO_2$ et des composés réduits $R'H_2$. La chaîne respiratoire mitochondriale permet la réoxydation des composés réduits ainsi que la réduction de dioxygène en eau. Ces réactions s'accompagnent de la production d'ATP qui permet les activités cellulaires.
[Le détail des réactions chimiques, les mécanismes de la chaîne respiratoire et la conversion chimio-osmotique ne sont pas au programme.]
- Certaines cellules eucaryotes réalisent une fermentation. L'utilisation fermentaire d'une molécule de glucose produit beaucoup moins d'ATP que lors de la respiration.
[On se limite aux fermentations alcoolique et lactique.]
- La fibre musculaire utilise l'ATP fourni, selon les circonstances, par la fermentation lactique ou la respiration. L'hydrolyse de l'ATP fournit l'énergie nécessaire aux glissements de protéines les unes sur les autres qui constituent le mécanisme moléculaire à la base de la contraction musculaire.
[Les autres aspects de l'énergétique de la fibre musculaire sont exclus.]
- L'ATP joue un rôle majeur dans les couplages énergétiques nécessaires au fonctionnement des cellules. [L'étude préalable des différents exemples du programme permet d'aboutir à une conclusion générale qui ne génère pas en elle-même d'étude complémentaire.]

### Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains

#### Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir

Les enveloppes fluides de la Terre (atmosphère et hydrosphère) sont le siège d'une dynamique liée notamment à l'énergie reçue du Soleil. Elles sont en interaction permanente avec la biosphère et la géosphère. Le climat, à l'échelle globale ou locale, est à la fois le résultat de ces interactions et la condition de leur déroulement. La compréhension, au moins partielle, de cette complexité permet d'envisager une gestion raisonnée de l'influence de l'Homme. Sans chercher l'exhaustivité, l'objectif de ce thème est d'aborder quelques aspects de la relation entre histoire des enveloppes fluides de la Terre et histoire du climat.
- L'atmosphère initiale de la Terre était différente de l'atmosphère actuelle. Sa transformation est la conséquence, notamment, du développement de la vie. L'histoire de cette transformation se trouve inscrite dans les roches, en particulier celles qui sont sédimentaires.
[Il s'agit de traiter le passage de l'atmosphère primitive à l'atmosphère oxydante en s'appuyant sur un nombre limité d'arguments pétrographiques.]
- Les bulles d'air contenues dans les glaces permettent d'étudier la composition de l'air durant les 800 000 dernières années y compris des polluants d'origine humaine. La composition isotopique des glaces et d'autres indices (par exemple la palynologie) permettent de retracer les évolutions climatiques de cette période.
[Les élèves doivent connaître les apports essentiels de la glaciologie. Aucun autre argument n'est exigible, mais les élèves devront pouvoir étudier des documents permettant de les mettre en évidence.]

- L'effet de serre, déterminé notamment par la composition atmosphérique, est un facteur influençant le climat global. La modélisation de la relation effet de serre/climat est complexe. Elle permet de proposer des hypothèses d'évolutions possibles du climat de la planète notamment en fonction des émissions de gaz à effet de serre induites par l'activité humaine.
[L'ensemble des mécanismes agissant sur le climat n'est pas au programme, mais on indiquera que l'effet de serre n'est qu'un facteur parmi d'autres. En particulier, l'influence des paramètres astronomiques pourra être évoquée, mais n'est pas exigible des élèves au baccalauréat.]
- Sur les grandes durées (par exemple pendant le dernier milliard d'années), les traces de variations climatiques importantes sont enregistrées dans les roches sédimentaires. Des conditions climatiques très éloignées de celles de l'époque actuelle ont existé.
[On étudie seulement un exemple permettant de reconstituer les conditions climatiques et leur explication en termes de géodynamique. L'histoire de la variation du climat en elle-même est hors programme ainsi que l'étude exhaustive des relations entre géodynamique et climat.]

## Thème 3 - Corps humain et santé

### Glycémie et diabète

La glycémie est un paramètre du milieu intérieur. Son maintien par l'organisme dans une gamme de valeurs étroite est un indicateur et une condition de bonne santé.
- Les glucides à grosses molécules des aliments sont transformés en glucose grâce à l'action d'enzymes digestives. Les enzymes sont des protéines qui catalysent des transformations chimiques spécifiques (ici celles de la digestion).
[La digestion n'est pas en elle-même au programme. Elle est simplement l'occasion d'enseigner les notions fondamentales concernant les enzymes.]
- La régulation de la glycémie repose notamment sur les hormones pancréatiques : insuline et glucagon.
[Les autres mécanismes physiologiques de régulation de la glycémie sont exclus.]
- Le diabète de type 1 résulte de la perturbation de la régulation de la glycémie provoquée par l'arrêt ou l'insuffisance d'une production pancréatique d'insuline. L'absence ou l'insuffisance de l'insuline est due à une destruction auto-immune des cellules β des îlots de Langerhans. Le diabète de type 2 s'explique par la perturbation de l'action de l'insuline.
[Les mécanismes de la réaction auto-immune sont exclus.]
- Le déclenchement des diabètes est lié à des facteurs variés, génétiques et environnementaux.
[La référence au surpoids, envisagée sous l'angle du lien avec le diabète de type 2, n'entraîne aucune étude exigible du tissu adipeux ou du métabolisme lipidique.]